



УДК 656

© Д. В. Капский, П. А. Пегин, В. А. Корчагин, 2015

## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНО-ПЕШЕХОДНОГО КОНФЛИКТА НА ПЕРЕКРЕСТКАХ

*Капский Д. В.* – канд. техн. наук, доцент, заведующий Научно-исследовательским центром дорожного движения (БНТУ), *Пегин П. А.* – д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» (ТОГУ), *Корчагин В. А.* – д-р техн. наук, профессор, завкафедрой «Управление автомобильным транспортом» (Липецкий ГТУ)

Проведен детальный анализ аварийности на пешеходных переходах и перекрестках в городах СНГ (Санкт-Петербург, Алматы, Минск, Витебск, Гродно, Лида), который позволил установить наиболее опасные виды конфликта при взаимодействии транспортных и пешеходных потоков. Выявлены основные закономерности и тенденции аварийности с участием пешеходов. Также выполнены экспериментальные исследования конфликтных ситуаций, которые позволили установить зависимости коэффициента нарушений от состава правоповоротного транспортного потока, от вида сигнала светофора, регулирующего движение направо, а также от величины группы пешеходов, находящихся перед автомобилями.

*Ключевые слова:* дорожное движение, пешеход, конфликты движения, пересечения, аварийность, безопасность движения, риск.

Обеспечение безопасности движения пешеходов всегда было сложной задачей, которой уделяется большое внимание [1-3]. Конфликт между водителем и пешеходом можно регулировать разными методами и способами и в каждом конкретном случае выбираются наиболее эффективные мероприятия. Однако это не обеспечивает полной безопасности пешехода в полном объеме т.к. по уровню дорожной подготовки пешеход значительно уступает водителю, это надо принимать как данность и учитывать в процессе вождения.

Аварийность с участием пешеходов исследовалась многими авторами. До 90 % аварий с пешеходами совершается с участием транспорта, следующего в прямом (транзитном) направлении, что объясняется высокой скоро-



стью транспортного потока. Аварии в конфликте поворотный транспорт - пешеход составляют около 10 %, что объясняется относительно невысокой скоростью поворотных потоков [5, 6]. В работах [4, 7–14] приведены результаты прогнозирования аварийности в конфликте *транспорт – пешеход* по методу конфликтных ситуаций. Метод основан на существовании зависимости между количеством конфликтных ситуаций и аварий, и является одним из самых современных и интенсивно развивающихся методов прогнозирования аварийности. Подсчитав за относительно небольшое время количество конфликтных ситуаций на данном объекте, можно с достаточной точностью определить не только количество ожидаемых аварий, но и основные причины аварийности. Установлено, что на 10000 конфликтных ситуаций при малых скоростях движения ( $V \leq 30$  км/ч) приходится от 3 до 25 аварий, а при больших скоростях ( $V > 30$  км/ч) – от 25 до 55. Для регулируемых перекрестков и переходов характерны более высокие значения коэффициента пересчета конфликтных ситуаций в аварии,  $\eta_{\text{сп}}$ , чем для нерегулируемых участков. В работе [15] предложен метод классификации перекрестков по степени опасности для пешеходов, основанный на учете 5 факторов: количестве аварий с пешеходами, относительной пешеходной аварийности, соотношении отдельных возрастных групп пешеходов, уровня неподчинения сигналам, количества конфликтов *транспорт - пешеход*.

Показатель пешеходной опасности  $\Phi$  определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{\sum_i^n \frac{WF_i H\nu_i}{\sum_i^n WF_i}}{1}, \quad (1)$$

где  $WF_i$  - весовой коэффициент частного показателя  $i$ ;  $H\nu_i$  - величина

опасности (риска) для частного показателя  $i$ ;  $\sum_i^n WF_i$  - сумма весовых коэффициентов для всех показателей, используемых при изучении данного пересечения;  $n$  - количество факторов (показателей) риска,  $n = 5$ .

Относительная пешеходная аварийность для каждого исследуемого перекрестка была нормализована для возможности соотнесения с другими перекрестками и определялась как отношение среднегодового количества аварий с участием пешеходов на исследуемом перекрестке к суммарному объему транспортно-пешеходного движения. При определении объема движения учитывались суммарный пробег транспорта по перекрестку и суммарный путь, который проходят пешеходы по всем пешеходным переходам перекрестка. В качестве дополнительного фактора учитывалась доля транспортных средств, выполняющих на перекрестке маневры поворотов.

В результате показатель относительной пешеходной аварийности было



предложено определять по формуле:

$$AR = \frac{n_{a3} \cdot 10^7}{P \cdot P_n} \Delta_{пов}, \quad (2)$$

где  $n_{a3}$  - количество аварий с участием пешеходов за 3 года (в период с 7 до 18 ч);  $P$  - пробег транспорта за период с 7 до 18 ч, авт.-км;  $P_n$  - путь, пройденный пешеходами за период с 7 до 18 ч, чел.-км;  $\Delta_{пов}$  - доля поворотного транспорта на перекрестке.

Относительный пешеходно-транспортный конфликт определялся как доля пешеходов, участвующих в конфликте с транспортом (в основном, с поворотным).

Для определения некоторых параметров аварийности проводился очаговый анализ. Он является разновидностью топографического и заключается в нанесении и исследовании всей имеющейся информации об аварийности на масштабной схеме участка (очага). В самом очаге, в данном случае на регулируемом перекрестке, аварии группируются в конфликтные зоны, расположенные в определенных частях перекрестка. Это объясняется тем, что аварийность зависит, кроме прочего, от скорости транспортного потока и взаимной видимости участников. Поскольку в конфликте транспорт – пешеход в разных частях пешеходного перехода эти параметры существенно отличаются, то аварийность в них неодинакова.

Анализ статистических данных об аварийности в конфликте поворотный транспорт – пешеход в городах Санкт-Петербурге (Россия), Минске (Беларусь), Витебске (Беларусь), Гродно (Беларусь), Лиде (Беларусь), Алматы (Казахстан) проведены по выше указанным методам. Эти города подбирались с таким расчетом, чтобы обнаружить возможные различия в зависимости от размеров города – от С.-Петербурга, в котором проживает более 6 млн. человек, до г. Лиды, в котором проживает около 100 тыс. Человек (табл.). Принципиальных отличий характеристик аварийности в зависимости от размеров города для исследованной выборки не обнаружено.

Тяжесть последствий аварий в конфликте поворотный транспорт – пешеход существенно ниже средней тяжести аварии с участием пешеходов – на 100 раненых приходится 3 погибших (в целом это соотношение составляет 100:27). Следует отметить, что в действующей системе учета аварии с участием пешеходов, не повлекшие расстройство их здоровья, приравниваются к авариям без пострадавших и не входят в государственную статистическую отчетность, т.е. имеют статус «неотчетных». Получить информацию о таких авариях удастся, как правило, при наличии систем их автоматизированного учета и анализа, которые применяются далеко не во всех городах.

Таблица 1

## Среднегодовые показатели аварийности с участием пешеходов

Показатель	Размерность	Города							
		Санкт-Петербург	Алматы	Минск	Виньпек	Гродно	Лида		
Численность населения	тыс. чел.	6000	1300	1700	350	300	100		
Период анализа	лет	1	3	20	4,5	14	14		
Общее число аварий	аварий	3007	771	524	250	196	34		
	аварий/ 100 000 жит.	59,0	59,3	30,8	71,5	65,4	33,6		
Число аварий на регулируемых перекрестках	аварий	341	108	82	22	13	3		
	аварий/ 100 000 жит.	6,7	8,3	4,8	6,2	4,4	2,5		
	% от общей	11,3	14,0	15,7	8,6	6,8	7,4		
Аварии на РПК с участием поворотных транспортных средств	Число аварий	аварий	17,0	13,7	9,5	2,4	1,6	0,5	
		% от общего числа аварий	0,6	1,8	1,8	1,0	0,8	1,5	
		% от аварий на РПК	5,0	12,7	11,6	11,3	11,8	20,0	
	Тяжесть последствий	гибель	чел.	1,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0
		ранение	чел.	13,0	7,3	6,9	1,8	0,9	0,4
		неотчетные	аварий	4,0	6,7	1,2	0,4	0,6	0,1
	Аварийные потери*	тыс. долл.	78,4	50,6	24,7	2,5	1,3	0,5	
% от всех потерь		-	-	0,28	0,16	0,10	0,10		

Большинство исследуемых аварий (81 %) происходит по вине водителей, которые в нарушение Правил не пропускают пешеходов, идущих по пешеходному переходу. Однако около 19 % аварий происходит по вине пешеходов – в основном, это переход проезжей части вне пешеходного перехода (рядом с ним) и неожиданный выход на проезжую часть, когда водитель автомобиля не имеет технической возможности остановиться и избежать наезда. Доля детей (до 14 лет) составляет около 20 % от общего числа пострадавших, что близко к среднему значению для аварий с участием пешеходов. Аварийные потери в исследуемом конфликте, подсчитанные по методике [4], составляют примерно 0,1...0,3 % от общих потерь от аварийности с участием пешеходов. Таким образом, аварийность в конфликте поворотный транспорт – пешеход на регулируемых перекрестках занимает



скромное место в общей аварийности с участием пешеходов. Тем не менее, она существует, она приводит к социально-экономическим потерям и должна обязательно учитываться при принятии решений. При этом необходимо учитывать, что стремление повысить безопасность в конфликте поворотный транспорт - пешеход путем разделения потоков во времени с увеличением числа фаз светофорного регулирования часто приводит к увеличению аварийности в целом для конфликта транспорт - пешеход.

Это можно объяснить несколькими причинами: во-первых, увеличивается время ожидания зеленого сигнала пешеходами, что в большей мере провоцирует их на нарушение Правил; во-вторых, в некоторых схемах многофазного регулирования одна половина пешеходного перехода остается свободной от транспорта, но движение пешеходов по ней запрещено, что также провоцирует их на нарушение Правил; наконец, в-третьих, при многофазном регулировании поворотные транспортные потоки движутся, как правило, по зеленому сигналу дополнительной секции светофора, что у многих водителей, особенно левоповоротного транспортного потока, ассоциируется с бесконфликтным движением, и любых пешеходов они воспринимают как нарушителей со всеми вытекающими последствиями.

На рисунке приведены данные по распределению аварий при взаимодействии транспортных и пешеходных потоков на пешеходном переходе, расположенном в зоне регулируемого перекрестка. Пешеходным переходам присвоены индексы 1, 2, 3 и 4 в соответствии с номерами входов. Индекс пешеходного потока состоит из номера перехода и буквы, обозначающей направление движения пешеходов (4п и 4л). На каждом из переходов выделены две части: зона въезда, расположенная на полосах проезжей части, по которым транспортные средства подъезжают к перекрестку; зона выезда, расположенная на полосах проезжей части, по которым транспортные средства покидают перекресток.

Самым опасным на перекрестках является конфликт с транспортными потоками прямого направления (24 и 4), что объясняется высокой скоростью этих потоков. На долю таких конфликтов приходится 89 % всех аварий с пешеходами на регулируемых перекрестках. Конфликты левоповоротный транспорт – пешеход и правоповоротный транспорт – пешеход примерно равноценны – на их долю приходится 5 % и 6 % соответственно. Суммарная аварийность в зоне выезда с перекрестка несколько выше, что, кроме прочего, объясняется худшими условиями ориентирования для пешехода, взаимодействующего с тремя разнонаправленными транспортными потоками.

В конфликтах с транспортом прямого направления примерно две трети аварий совершаются с участием пешеходов, еще не дошедших до середины проезжей части (конфликты 4-4л и 24-4п на рис.). Основной причиной такого распределения является дефицит времени на реагирование у водителя, т.к. пешеход оказывается в опасной зоне сразу после выхода на проезжую часть. В качестве сопутствующей причины примерно 20-25 % конфликтов пешеходов с транспортом прямого направления следует отметить

недостаточную длительность переходного интервала светофорного регулирования, не обеспечивающую возможность всем пешеходам освободить проезжую часть до начала движения конфликтующего транспортного потока.

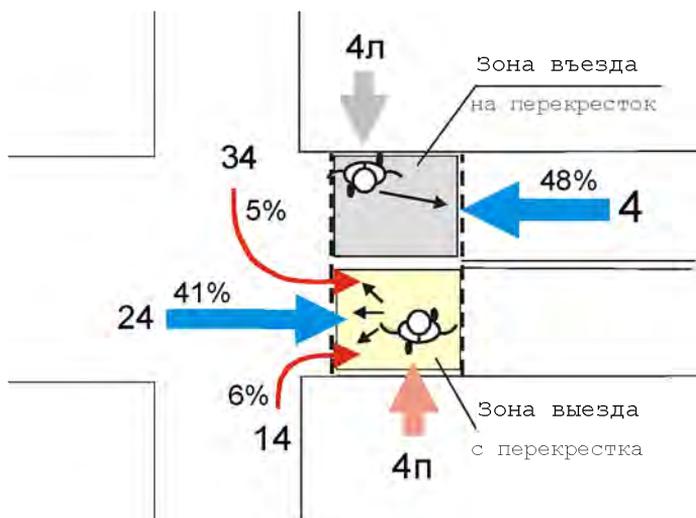


Рис. 1. Схема взаимодействия транспортных и пешеходных потоков на переходе регулируемого перекрестка (цифры в % обозначают долю аварий)

В результате проведенного анализа определены основные показатели и особенности аварийности при совместном движении пешеходных и поворотных транспортных потоков на регулируемых перекрестках. Установлено, что в целом аварийные потери в исследуемом конфликте невелики и составляют 5–20 % от аварийных потерь на регулируемых перекрестках с участием пешеходов. Тем не менее, аварийные потери при совместном движении пешеходных и поворотных транспортных потоков существуют и обязательно должны учитываться при принятии решений по организации движения.

Проведенные экспериментальные исследования конфликтных ситуаций при взаимодействии пешеходных и поворотных транспортных потоков на регулируемых перекрестках позволили разработать усовершенствованную методику прогнозирования аварийности по методу конфликтных ситуаций. При этом в расчетной модели прогнозирования впервые было применено приведение конфликтных ситуаций по степени опасности и динамическое (по конфликтным ситуациям) приведение аварий по тяжести последствий, что позволило в несколько раз повысить точность прогноза в сравнении с известными методиками.

Установлено, что самым опасным на перекрестках является конфликт с транспортными потоками прямого направления, что объясняется высокой скоростью этих потоков. На долю таких конфликтов приходится 89% всех аварий



с пешеходами на регулируемых перекрестках. Конфликты левоповоротный транспорт – пешеход и правоповоротный транспорт – пешеход примерно равноценны – на их долю приходится 5 % и 6 % соответственно. Суммарная аварийность в зоне выезда с перекрестка несколько выше, что, кроме прочего, объясняется худшими условиями ориентирования для пешехода, взаимодействующего с тремя разнонаправленными транспортными потоками.

Установлено, что в левоповоротном потоке доля водителей, создающих конфликтные ситуации, на 30–40% больше, чем в правоповоротном, что объясняется более высокой скоростью движения левоповоротного потока и более тяжелыми условиями его выполнения.

### Библиографические ссылки

1. Врубель Ю. А. Водителю о дорожном движении: пособие для слушателей учебного центра подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров автотракторного факультета / Ю. А. Врубель, Д.В. Капский. –3-е изд., дораб. – Минск : БНТУ, 2010. – 139 с.

2. Charles V. Zegeer, Max Bushell // Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world //Accident Analysis & Prevention, Volume 44, Issue 1, January 2012, P. 3-11.

3. Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action / world health organization/ department of violence and injury prevention and disability (vip) / world health organization, 2013. – 318 p.

4. Kapski, D. 2008. Prognozirovanie avarijnosti v dorozhnom dvizhenii. Minsk: BNTU, 243 p.

5. Ком Е. Н. Конфликтные ситуации "пешеход – поворотный транспорт"// Современные проблемы автомобильного транспорта: Материалы Республиканской науч.-практ. конф. – Красноярск, 1991. – С. 110.

6. Михайлов А. Ю. Уровни относительной аварийности на регулируемых пересечениях улично – дорожной сети городов // ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. –10.05.90.– №204–ад 90.

7. Рябчинский А. И., Капский Д. В., Пегин П. А. Разработка методики прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон в конфликте «поворотный транспорт-пешеход» на основе моделей движения на регулируемом перекрестке / А. И. Рябчинский, Д. В. Капский, П. А. Пегин // Вестник Тихоокеан. гос. ун-та. – 2014. - № 4 (35). – С. 123-132.

8. Шештокас В. В., Насутавичус Р.А. Оценка опасности дороги методом конфликтных ситуаций // Автомобильные дороги– 1984.– № 8– С.4–10.

9. Шештокас В. В., Самойлов Д.С. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах.– М.: Транспорт, 1987. – 207 с.

10. Ludvigsen H. S. Traffic Conflicts Experience in Denmark // TRRL Supplementary Report.– 1980, № 557.– P.107–114.

11. Zimolong B., Gstalter H. Gefahrenkognition bei Fanhrzeug-Fussganger-Konflikten. // Zeitschrift fur Verkehrssicherheit.– 1984, №2.– P.62-66.

12. *Hyden C.* 1983. The Development of a Method for Traffic Safety Evaluation: The Swedish Traffic-Conflicts Technique. University of Lund, Lund Institute of Technology, Department of Traffic Planning and Engineering, Lund.

13. *Archer J.* 2001. Traffic Conflict Technique: Historical to current State-of-the-Art. Institutionen för Infrastruktur KTH, Stockholm, 2001. [cited 12 July 2012]. Available from Internet: [http://www.ctr.kth.se/publications/ctr2001\\_05.pdf](http://www.ctr.kth.se/publications/ctr2001_05.pdf).

14. *Врубель Ю. А.* Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.

15. *Douglas R., Robertson H.* A way of intersection classification by pedestrian safety // Transportation Research Record, 1988. – № 1189. – P. 9–15.

### **Title: The Features of Evaluation of Vehicle and Pedestrian Conflict at Intersections**

#### ***Authors' affiliation:***

Kapski D.V. – Belarusian National Technical University, Minsk

Pegin P. A. – Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation

Korchagin V. A. – Lipetsky National Technological University, Lipetsk, Russian Federation.

***Abstract:*** The detailed analysis of accidents on pedestrian crossings and intersections in the cities of CIS countries (St. Petersburg, Almaty, Minsk, Vitebsk, Grodno, Lida), which made it possible to establish the most dangerous types of conflict in the interaction of transport and pedestrian flows, has been carried out. The basic patterns and trends of accidents involving pedestrians are found. Also experimental study of conflict situations has been done, which made it possible to establish the coefficient of violations as a function of 1) the traffic composition, 2) type of traffic-actuated signal, 3) the number of pedestrians in front of an auto.

***Keywords:*** road traffic, pedestrians, traffic conflicts, intersections, accidents, traffic safety, risk.